

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 05011132  
PUBLICATION DATE : 19-01-93

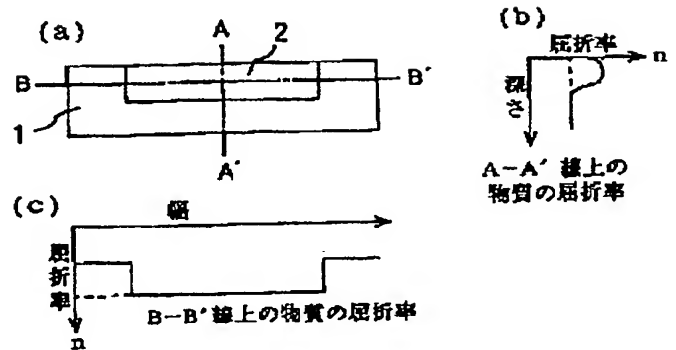
APPLICATION DATE : 08-07-91  
APPLICATION NUMBER : 03167056

APPLICANT : NIPPONDENSO CO LTD;

INVENTOR : ITO TOSHIKI;

INT.CL. : G02B 6/28 G02B 6/12

TITLE : OPTICAL BRANCHING AND COUPLING DEVICE



ABSTRACT : PURPOSE: To provide the optical branching and coupling device which has small propagation loss and can branch light optically and equally to plural output optical fibers.

CONSTITUTION: An optical waveguide path 2 which is so formed in a flat shape that plural optical fibers can be connected is formed in a transparent substrate 1. The optical waveguide path 2 has a stepwise refractive index distribution, which decreases abruptly in refractive index at both ends in its width direction, in section perpendicular to the optical axis and also has a refractive index distribution, which is maximum nearby the center of the optical waveguide and decreases gradually in refractive index from the center to the surface and inwardly, in the depth direction.

COPYRIGHT: (C)1993,JPO&Japio

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平5-11132

(43) 公開日 平成5年(1993)1月19日

(51) Int. Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B 6/28		Q 7820-2K		
6/12		D 7036-2K		

審査請求 未請求 請求項の数1(全5頁)

(21) 出願番号 特願平3-167056

(22) 出願日 平成3年(1991)7月8日

(71) 出願人 000004260

日本電装株式会社

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72) 発明者 菅原 良一

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電装株式会社内

(72) 発明者 伊藤 俊樹

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 日本電装株式会社内

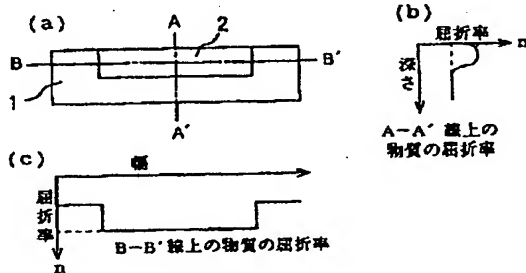
(74) 代理人 弁理士 大川 宏

(54) 【発明の名称】 光分岐結合器

(57) 【要約】

【目的】 伝搬損失が小さく、かつ複数の出力光ファイバに均一に光分岐できる光分岐結合器を提供する。

【構成】 透明基板1内に複数の光ファイバを接続可能に偏平形状をもつ光導波路2が形成されている。光導波路2は、光軸と垂直な断面において、その幅方向には該幅方向の両端で屈折率が急低下する階段状屈折率分布をもち、その深さ方向には光導波路2の中央付近で最大で該中央から表面及び内部に向けて屈折率が徐々に低下する屈折率分布をもっている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 透明基板内に形成され該基板の屈折率より高い高屈折率部よりなる光導波路をミキシング部とし、入射側及び出射側の少なくとも一方の該基板の端面に表出する光導波路が複数の光ファイバを接続可能にその幅方向に長い偏平形状をもつ光分岐結合器において、前記光導波路は、光軸と垂直な断面において、その幅方向には該幅方向の両端で屈折率が急低下する階段状屈折率分布をもち、その深さ方向には前記光導波路の中央付近で最大で表面及び内部に向けて屈折率が徐々に低下する屈折率分布をもつことを特徴とする光分岐結合器。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光ミキシング用の光導波路をもつ光分岐結合器に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来より、透明基板内に該基板の屈折率より高い高屈折率部よりなる光導波路を形成して光ミキシング部とし、入射側及び出射側の少なくとも一方に複数の光ファイバが接続される光分岐結合器が知られている。ところで、複数の光ファイバが接続される基板の端面においては、接続される光ファイバの数と同数の光導波路を独立して形成するよりも、接続される光ファイバの数に応じた幅をもつ偏平形状の光導波路を形成した方が、その製造が容易でありコスト的にも有利である。

【0003】また、光導波路の光軸と垂直な断面で基板の深さ方向における屈折率分布を考えた場合、光導波路のほぼ中央で最も屈折率が高くなり該中央から基板表面や基板内部に向けて屈折率が徐々に低下する放物線状屈折率分布をもつ光導波路では、該深さ方向のほぼ中央に伝搬光が集中する。このため、上記深さ方向に放物線状屈折率分布をもつ光導波路は、埃や水分などの外的要因による光の散乱、吸収により伝搬光が損失を受けにくく、伝搬損失を小さくできるので好ましい。

【0004】このように、複数の光ファイバを接続可能に基板の端面に偏平形状に表出し、かつ深さ方向に放物線状屈折率分布をもつ光導波路を透明基板内に埋め込み形成するには、特公平3-10282号公報にも開示されているイオン交換法などを利用することができる。すなわち、透明基板表面に所定の導波路パターンの開口部を残してマスクを設け、上記開口部を通してまずナトリウムや銀などの屈折率増加に寄与するイオンを基板内に拡散させた後、マスクを除去してナトリウムやカリウムなどの屈折率低下に寄与するイオンを基板内に拡散させることにより、その深さ方向のほぼ中央から基板表面や基板内部に向けて屈折率が徐々に低下する放物線状屈折率分布をもつ光導波路を形成することができる。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところが、上述した埋め込み形の光導波路をもつ光分岐結合器に複数の光ファイ

バを接続した場合、出射側に出力される光強度が光導波路の幅方向にばらつき、入射側に接続される光ファイバの接続位置やミキシング長さ（光導波路の長さ）などによって光導波路の幅方向の両端側で出力される光強度が強くなったり弱くなったりすることがあった。これは、光導波路の幅方向の両端付近で、外側に向けて屈折率が徐々に低下していることに起因していると考えられる。すなわち、上記端部付近を進行中の光は端部でのレンズ効果を受けて光導波路の幅方向の中央に向けて集められ、これにより出射側での光の出力に幅方向のバラツキが生じる。したがって、例えば幅100 $\mu$ mの光導波路が出射側の基板の端面に表出しているも、幅方向の端部に近い部分の光の出力が弱く、幅方向に均一に出力される光導波路の有効幅は中央部の100 $\mu$ mより小さい部分となり、低損失な光分岐結合器の実現の障害となっていた。

【0006】本発明は、上記実情に鑑みてなされたものであり、伝搬損失を小さくでき、しかも複数の出力光ファイバに均一に光分岐できる光分岐結合器を提供することを目的とする。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、透明基板内に形成され該基板の屈折率より高い高屈折率部よりなる光導波路をミキシング部とし、入射側及び出射側の少なくとも一方の該基板の端面に表出する光導波路が複数の光ファイバを接続可能にその幅方向に長い偏平形状をもつ光分岐結合器において、前記光導波路が、光軸と垂直な断面において、その幅方向には該幅方向の両端で屈折率が急低下する階段状屈折率分布をもち、その深さ方向には前記光導波路の中央付近で最大で表面及び内部に向けて屈折率が徐々に低下する屈折率分布をもつことを特徴とする。

## 【0008】

【作用】本発明の光分岐結合器は、光導波路が、光軸と垂直な断面において、その幅方向には該幅方向の両端で屈折率が急低下する階段状屈折率分布をもっている。このため、光導波路の幅方向の両端付近で外側に向けて徐々に屈折率が低下する従来の光導波路のように、該端部でのレンズ効果により伝搬中の光が光導波路の幅方向中央付近に拘束されることがなく、入射した光は光導波路の幅方向で均一に出力される。

【0009】また、本発明の光分岐結合器は、光導波路が、光軸と垂直な断面において、その深さ方向には前記光導波路の中央付近で最大で表面及び内部に向けて屈折率が徐々に低下する屈折率分布をもっている。このため、入射した光は光導波路の深さ方向の中央付近に拘束されて伝搬されるので、埃や水分などの外的要因による光の散乱、吸収により伝搬光が損失を受けることを防ぐことができる。

## 【0010】

【実施例】以下、図面を参照しつつ本発明の実施例を具体的に説明する。

(実施例1) 図1(a)は本実施例の光分岐結合器の出力端における側面図、図1(b)は図1(a)のA-A'線上の物質の屈折率を示す線図、図1(c)は図1(a)のB-B'線上の物質の屈折率を示す線図であり、図2は本実施例の光分岐結合器の入射側及び出射側にそれぞれ5本の入力光ファイバ3、出力光ファイバ4を接続した状態を示す平面図である。なお、図1(b)の縦軸は基板1の表面からの深さを、横軸は屈折率を示し、図1(c)の縦軸は屈折率を、横軸は基板1の横方向の距離を示す。

【0011】本実施例の光分岐結合器は、透明基板1と、この透明基板1内に形成され、入射側及び出射側の基板1の端面に偏平形状に表出する光ミキシング部としての光導波路2とから構成されている。光導波路2は、幅1mm、長さ(ミキシング長さ)20mm、深さ0.2mmをもち、長さ方向に同一幅、同一深さに形成されている。なお、接続される入力光ファイバ3、出力光ファイバ4はともに口径が0.2mmのものであり、光導波路2の幅は、(接続される光ファイバの口径)×(接続される光ファイバの本数)に等しく設定されている。また、光導波路2の深さは接続される光ファイバの口径に等しく設定されている。そして、光導波路2は、光軸と垂直な断面において、その幅方向には該幅方向の両端で屈折率が急低下する階段状屈折率分布をもち(図1(c)参照)、その深さ方向には前記光導波路2の中央付近で最大で表面及び内部に向けて屈折率が徐々に低下する放物線状屈折率分布をもっている(図1(c)参照)。

【0012】本実施例の光分岐結合器は、以下のようにして製造した。透明基板1として、ZカットのKTP(KTiOPO<sub>4</sub>)のイオン結晶基板(5×5×30mm)を準備し、この基板1の全表面にTi膜をスパッタリング法により形成した。そしてこの基板1の結晶面で(001)面上に形成されたTi膜にフォトリソグラフィ法により幅1mm、長さが30mmの開口部を設けたマスクを施した。次に、硝酸ルビジウムと硝酸バリウムの混合粉末をアルミナよりなるるつぽに入れ、電気炉で350℃に加熱してこれを溶解した。この溶解液中に上記基板1を1時間浸漬した。これにより、基板1内部のKと溶解液中のRbがイオン交換し、基板1内に高屈折率部を形成した。

【0013】そして、硝酸カリウムと硝酸バリウムを混合し、上記と同様に硝酸ルビジウムのない溶解液をつくり、この溶解液中に、上記高屈折率部が形成された基板1を1時間浸漬した。これにより、基板1内部に浸透したRbのうち、基板1表面付近のRbが溶解液中のKとイオン交換され、結果としてRbの濃度が最も高くなる部分を基板1の表面でなく内部に作り込むことができ

た。すなわち、基板1の深さ方向に対するRb濃度は放物線状分布となる。なお、このRb濃度分布が屈折率分布にほぼ等しくなる。このように、基板1内に基板1の深さ方向には光導波路2の中央付近で最大で基板表面及び基板内部に向けて屈折率が徐々に低くなる放物線状屈折率分布をもっている光導波路2が形成された。

【0014】さらに、徐冷後上記基板1を長さ20mmに切断し、切断面を研磨することにより、本実施例の光分岐結合器とした。なお、上記したような結晶基板を用いてイオン交換すると、その結晶軸によってイオン交換速度が異なる。特に、KTPのイオン結晶基板については、Zカット基板を用いると、基板1の表面に平行な水平方向(x、y方向)にほとんどイオン交換されず、基板1の深さ方向(z方向)に極めて優先的にイオン交換される。このため、上記イオン交換処理により形成された光導波路2は、基板1の表面と平行な水平方向で光導波路2の幅方向の両端で屈折率が急低下する階段状屈折率分布をもっている。

【0015】本実施例の光分岐結合器において、図2に示すように、入射側及び出射側にそれぞれ5本の入力光ファイバ3、出力光ファイバ4(共に口径0.2mm)を接続し、5本の入力光ファイバ3のうち1本に-5dBmの強度をもつ光を入射した結果、5本の出力光ファイバ4からの出力光の強度はいずれも-15dBmを示した。したがって、伝搬損失や光導波路2の幅方向における出力光のパラッキは認められなかった。

(比較例) 比較のため、透明基板1'としてNa、K等に被交換イオンを含む光学ガラス(BK7、寸法50×50×4mm)を準備し、これに従来から一般的に行われているイオン交換法により光導波路2'を形成した。すなわち、上記基板1'の一方の面にTi膜をスパッタリング法により形成し、フォトリソグラフィ法により幅2mm、長さ40mmの開口を設けたマスクを施した。次に、上記基板1'の他方の面にAu膜をスパッタリング法により形成し、この基板1'をマスク面を下にして硫酸タリウム及び硫酸亜鉛の混合物からなる溶解液中に浸漬した。なお、溶解液中にはマスクに離隔対向させて白金電極を配置しておく。そして上記Au膜に接触させて白金電極を配置した。これらを電気炉に入れて550℃程度の一定温度に保ち、同時に白金電極を通じて10V/mmの直流電界を、混合塩側が正極となるように印加して、イオン交換処理した。

【0016】さらに、徐冷後、基板1'の表面のTi膜及び残留している塩を酸で洗浄して除去する。そして、硫酸カリウム及び硫酸亜鉛の溶解液を準備し、上記と同様にしてイオン交換処理し、徐冷、残留物除去を経て、所定長さに切断し、切断面を研磨した。これにより、図3に示す幅約2mm、深さ0.1mmの光導波路2'が形成された比較例の光分岐結合器を製造した。なお、この光導波路2'は幅方向の両端付近で外側に向けて屈折

率が徐々に低くなる屈折率分布をもっている(図3(c)参照)。また、光導波路2'は、その深さ方向には中央付近で最大で表面及び内部に向けて屈折率が徐々に低くなる放物線状屈折率分布をもっている(図3(c)参照)。

【0017】このようにして作製した比較例の光分岐結合器に対し、コア径200 $\mu$ mの光ファイバを用いて、ミキシング効果を測定した。これは、ミキシング長が21.3mmで、入射側及び出射側の光ファイバの接続位置を種々変更しながら、入射側から-6.3dBmの強度の光を入射し、そのときの出力光強度を測定して行った。この結果を図4に示す。なお、横軸Xは光出射側での水平方向の光ファイバの位置を示し基板の一端側(図3の左側)の端部付近からの距離、縦軸Pは出力光ファイバでピックアップした出力光強度、パラメータyは光入射側での光導波路の幅方向中央から上記基板の一端側(図3の左側)への軸ずれ量である。

【0018】図4中、例えば軸ずれ量yが0.6mmのとき、出射位置xが0.3~2.1mmの範囲内(出射幅1.8mmの範囲内)における最大出力光強度と最小出力光強度を調べると、xが2.0mmのとき出力光強度が最大の-18.5dBmであり、xが0.3mmのとき出力光強度が最小の-26dBmであり、出力バラツキは7.5dBmとなる。これは、出力幅1.8mmに相当する8出力の光分岐結合器を作製すると、7.5dBmのバラツキをもって出力されることを意味する。このような出力バラツキは、入射側の軸ずれ量が大きくなるほど大きくなる(グラフの傾きが大きくなる)。なお、ミキシング長さの異なる光導波路を用いて同様の測定を行ったが、同じような結果が得られた。このような結果となったのは、比較例の光導波路2'は、光導波路2'の両端付近で水平方向の外側に向けて徐々に屈折率が低下する屈折率分布をもつので、この屈折率分布によるレンズ効果のためと考えられる。すなわち、軸ずれ量yが1.0mm、つまり入射側の光ファイバを光導波路2'の左端部(図3中)付近に接続した場合、伝搬される光が光導波路の幅方向の中央付近に拘束されるという屈折率分布のレンズ効果を受けて、出射側では光導波路2'の右端部(図3中)付近に出力される。これは、図4で軸ずれ量yが1.0mmのとき出射位置xの値が大きくなる程(光導波路の右端部側に近づく程)、出力光強度が大きくなることから明らかである。

(実施例2)上記実施例1の光分岐結合器における光導波路と同様に、光軸と垂直な断面において、その幅方向には階段状屈折率分布をもち、その深さ方向には放物線状屈折率分布をもつ光導波路を以下のようにして作製した。

【0019】上記透明基板1として石英ガラス基板を用い、これを10rpmの速度で回転し300℃に加熱された受台に設置した。なおこの受台は、排気ガスの処理

装置と、受台に向けて吹出可能なガスバーナをもつ反応容器内に収容されている。そして、SiCl<sub>4</sub>ガスを20cc/min、POCl<sub>3</sub>ガスを5cc/min、H<sub>2</sub>ガスを2000cc/min、O<sub>2</sub>ガスを2000cc/minの割合でガスバーナから流した。これにより、ガラス形成原料であるSiCl<sub>4</sub>及びPOCl<sub>3</sub>が火炎加水分解反応してガラス基板上に多孔質状態のガラス微粒子として堆積した。この操作を約10分間行つて、厚さ30 $\mu$ mの多孔質ガラス薄膜を形成した。

【0020】次いで、上記多孔質ガラス薄膜が形成されたガラス基板上に所定の導波路パターンを開口をもつマスクを置き、その上にSiCl<sub>4</sub>ガスを20cc/min、POCl<sub>3</sub>ガスを5cc/min、H<sub>2</sub>ガスを2000cc/min、O<sub>2</sub>ガスを2000cc/minの割合でGeCl<sub>4</sub>ガスと共にバーナから60分間吹出して、180 $\mu$ mの膜厚とした。この際、GeCl<sub>4</sub>ガスの濃度を連続的に $2-(t-30)^2/450$  [cc/min] ;  $0 \leq t \leq 60$  [min] の割合で変化させることにより、膜厚方向(ガラス基板の深さ方向)におけるGe濃度分布を、深さ方向の中央で最大となるようにした。なお、不純物としてのGeにより屈折率が高められて、光導波路となる。また、屈折率を高める添加剤としてGeCl<sub>4</sub>を用いたが、POCl<sub>3</sub>やTiCl<sub>4</sub>をGeCl<sub>4</sub>の代わりに用いてもよい。

【0021】さらに、マスクを取り外した後、SiCl<sub>4</sub>ガスを20cc/min、POCl<sub>3</sub>ガスを5cc/min、H<sub>2</sub>ガスを2000cc/min、O<sub>2</sub>ガスを2000cc/minの割合でバーナから10分間吹出して、ガラス基板上に全体として厚さ240 $\mu$ mの合成膜を形成した。最後に、1500℃に加熱することにより、深さ150 $\mu$ mの光導波路をもつ本実施例の光分岐結合器を製造した。

【0022】また、上記実施例1、2で説明した光導波路の製造方法の他に、複数の透明材料を同時に蒸着する物理的成長法において、この複数の透明材料の混合比、すなわち屈折率を高くする透明材料の混合割合を変化させながら形成することによっても、本発明に係る屈折率分布をもつ光導波路を製造することが可能である。

【0023】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明の光分岐結合器は、光導波路が光軸と垂直な断面において、その幅方向には階段状屈折率分布をもち、その深さ方向には中央付近で最大で表面及び内部に向けて屈折率が徐々に低下する屈折率分布をもっているため、入出力光ファイバの結合損失を小さくでき、しかも複数の出力光ファイバに均一に光分岐することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1(a)は本実施例の光分岐結合器の出力端の側面図、図1(b)は図1(a)のA-A'線上の物質の屈折率を示す線図、図1(c)は図1(a)のB-

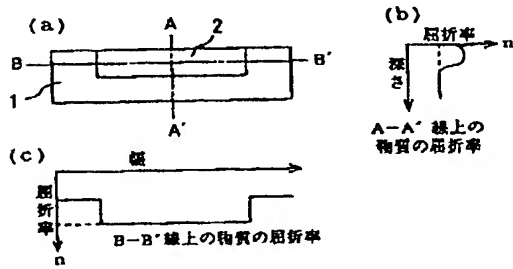
7

B' 線上の物質の屈折率を示す線図である。

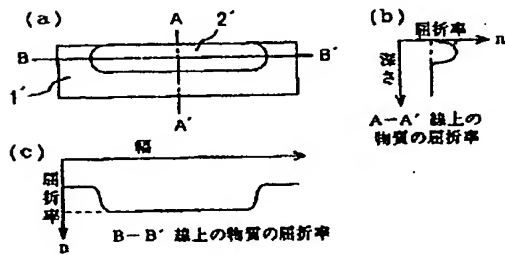
【図2】本実施例の光分岐結合器に入力光ファイバ及び出力光ファイバを接続した状態を示す平面図である。

【図3】図3 (a) は比較例の光分岐結合器の出力端の側面図、図3 (b) は図3 (a) のA-A' 線上の物質の屈折率を示す線図、図3 (c) は図3 (a) のB-

【図1】



【図3】



8

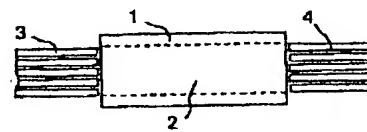
B' 線上の物質の屈折率を示す線図である。

【図4】比較例の光分岐結合器のミキシング効果を示すグラフである。

【符号の説明】

1は透明基板、2は光導波路、3は入力光ファイバ、4は出力光ファイバである。

【図2】



【図4】

